

거제시 수돗물불소농도조정사업 6년 경과 후의 영구치우식 예방효과

조현희¹, 옥태영¹, 김세연^{1,2}, 이정하¹, 김지수^{1,2}, 김현철³, 정승화^{1,2}, 김진범^{1,2}

¹부산대학교 치의학전문대학원 예방과사회치학교실, ²부산대학교 치의학전문대학원 BK21플러스 사업단, ³부산대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

The caries preventive effect on permanent teeth adjusted for number of fissure-sealed teeth and surfaces from 6-year community water fluoridation program in Geoje City

Hyun-Hee Cho¹, Tae-Young Ok¹, Se-Yeon Kim^{1,2}, Jung-Ha Lee¹, Ji-Soo Kim^{1,2}, Hyeon-Cheol Kim³, Seung-Hwa Jeong^{1,2}, Jin-Bom Kim^{1,2}

¹Department of Preventive&Community Dentistry, ²BK21 PLUS Project, ³Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University, Yangsan, Korea

Received: December 12, 2017

Revised: December 12, 2017

Accepted: December 12, 2017

Corresponding Author: Jin-Bom Kim

Department of Preventive & Community Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University, 49 Busandaehak-ro, Mulgeum-eup, Yangsan 50612, Korea
Tel: +82-51-510-8223

Fax: +82-51-510-8221

E-mail: jbomkim@pusan.ac.kr

*This work was supported by a 2-year Research Grant of Pusan National University.

Objectives: The water fluoridation program has been implemented since 2008, in a region of Geoje City. This study aimed to evaluate the effectiveness of the water fluoridation program on caries prevention in the permanent dentition.

Methods: Evaluation surveys were conducted on 8-, 10- and 12-year-old children in the fluoridated and non-fluoridated regions of Geoje City, in 2015. The survey included 834 children from the fluoridated regions and 703 from the non-fluoridated regions. The data obtained from the survey were analyzed using the IBM SPSS statistical package version 23.0. The effectiveness of community water fluoridation in caries prevention was estimated by the differences in the decayed, missing, filled teeth (DMFT) and decayed, missing, filled surfaces (DMFS) scores, between the program and control groups. The mean numbers of fissure-sealed teeth and surfaces were adjusted to reduce their confounding effect.

Results: The mean DMFT and DMFS scores (0.69 and 0.91, respectively) of 10-year-olds from the fluoridated regions, after adjusting for the numbers of fissure-sealed teeth and surfaces, were significantly lower than those of the 10 year olds (DMFT: 0.95, DMFS: 1.32) from the non-fluoridated regions. The effectiveness of water fluoridation on caries prevention in the permanent dentition, estimated based on the differences in the mean DMFT and DMFS scores, adjusted for the number of fissure-sealed teeth and surfaces, between the program and control groups of 10-year-old children, was 27.4% and 31.1%, respectively.

Conclusions: These results suggest that the effectiveness of water fluoridation on caries prevention in the permanent dentition, in Geoje City was so high that this program should be implemented in other regions in Korea as well.

Key Words: Dental caries, Fluoride, Permanent teeth, Prevention, Water fluoridation

서론

치아우식이 초기에 발견되어 치료되지 아니하고 방치되었을 경우에는, 계속 진행되어 극심한 치통을 야기하는 급성 치수염을 유발할 수 있고, 그보다 더 진행되는 경우에는 만성치수염이나 치수괴사를 유발하여, 치아를 발거하는 결과를 초래하기도 한다. 영구치 우식경험자율은 보건복지부 2012년 국민구강건강실태조사에서 8세 30.4%, 12세 53.5%, 15세 66.1%이었고, 2015년 아동구강건강실태조사에서는 12세에서 54.6%로 보고되고 있어서 중학교 이상의 학생에서는 절반이 넘고 있다^{1,2)}.

이렇게 만연한 치아우식을 예방하기 위하여 불소를 이용하는 방법으로 가장 먼저 개발된 것은 수돗물불소농도조정사업(이하 '수불사업')이다. 수불사업은 최적의 치아건강을 위해 수돗물의 불소농도를 권장농도의 수준으로 조정하는 사업으로 가장 경제적이고, 효과적이며, 실용적 사업이라 할 수 있다³⁾. 특히, 연령과 사회경제수준에 관계없이 주민 모두가 기회를 갖게 되는 공평성이 있어 진료받기 힘든 저소득층이나 노인, 장애인까지 혜택 받을 수 있는 보건사업이라고 할 수 있다⁴⁾.

수불사업은 음용수에 불소가 과량 함유될 경우 치아불소과다증(dental fluorosis)을 유발하지만 적정농도로 들어 있을 경우 치아우식이 예방된다는 사실이 알려진 다음, 1945년 미국 Michigan주 Grand Rapids, New York주 Newburgh와 캐나다 Ontario주 Brandtford에서 처음으로 수돗물에 인위적으로 불소를 첨가하여 불소농도를 조정하여 시작하였다⁵⁾. 이렇게 미국과 캐나다를 중심으로 실시되던 수불사업은 전 세계로 확산되어 25개국에서 인위적으로 수돗물에 불소를 첨가하고 있으며, 28개국에서는 치아우식예방에 적당한 농도로 불소가 함유되어 있는 지하수를 수돗물로 공급함으로써 적정불소농도 음용수를 공급받는 인구는 4억3,510만명에 이르고 있다⁶⁾.

국제치과사연맹(FDI, Fédération Dentaire Internationale)은 FDI 정책성명으로 수불사업이 어린이와 성인의 치아우식예방에 효과적인 사업임을 확인하고 있다⁷⁾. 세계보건기구(WHO, World Health Organization)는 '수돗물불소농도조정 전문위원회'를 구성하고 1958년 제1차 보고서에서 수불사업이 치아우식예방에 가장 이상적인 정책이라고 결론을 내렸고⁸⁾, 2000년 WHO 제 53차 총회의 '비전염성질환의 예방과 관리에 대한 결의안(WHA 53.17: Prevention and control of noncommunicable diseases)'에서 "지역사회 수돗물불소농도조정은 어린이와 성인 모두에서 우식예방에 효과적이다. 수돗물이 공급되는 지역의 모든 주민들은 사회적 경제적 지위에 관계없이 수돗물불소농도조정으로 혜택을 받는다."라고 규정하였으며⁹⁾, 2007년 WHO 총회의 결의안으로서 세계 각국에 수불사업 시행을 권장하고 있다¹⁰⁾.

우리나라 수불사업은 1981년 경남 진해시, 1982년 청주에서 보건복지부 시범사업으로 개시된 이후, 2003년 36개 지역, 5,430,113명(총인구 47,925,000명의 11.3%)까지 확대, 시행되었으나, 외국에서 유입된 반대주장과 지역주민들의 수불사업에 대한 오해로 사업지역이 감소하여 2015년 현재 16개 지역, 2,344,176

명(총인구 51,069,375명의 4.6%)이 수혜를 받고 있다^{11,12)}.

거제시는 2008년 수불사업을 신규로 시작한 도시로서, 11월부터 구천정수장에 불소첨가장비를 설치하고 수불사업을 실시하였다. 현재 거제시의 수돗물은 사천정수장, 구천정수장, 연초정수장, 일운정수장에서 생산하고 있으며, 한국수자원공사가 거제시로부터 위탁을 받아 관리하고 있다¹³⁾. 수불사업은 현재 구천정수장에서만 시행하고 있으며, 구천정수장에서 생산한 수돗물은 장승포동, 마전동, 능포동, 두모동, 상문동, 아주동, 동부면 일부와 거제면에 공급되고 있다¹³⁾. 구천정수장의 수불사업 수혜인구는 67,000명으로 집계되고 있으며 거제시 전체인구 257,781명의 25.6%로 추산되고 있다¹⁴⁾.

수불사업의 치아우식 예방효과는 수불사업 전후의 치아우식 경험 상태를 비교하여 산출하기도 하고, 사업시행 후 사업을 하지 않는 지역의 대조군과 치아우식경험 상태를 비교하여 산출하기도 한다. 우리나라는 2000년 이후로 완만한 속도이지만 전국적으로 치아우식이 감소하는 추세에 있으므로¹⁵⁾, 거제시 수불사업 시행 전인 2007년 조사 결과와 비교하는 방법보다 거제시 내에서 사업지역과 비사업지역의 치아우식경험 상태를 비교하는 방법이 보다 정밀한 방법으로 생각되었다. 따라서 본 연구에서는 수불사업 혜택을 받고 있는 거제시 구천정수장 급수지역과 구천정수장 비급수지역의 초등학교와 중학교 학생들을 대상으로 우식경험도를 비교함으로써 수불사업으로 얻어진 우식예방효과를 평가하고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구의 구강 검사는 거제시 초·중학교에 재학 중인 8세, 10세, 12세 학생 477명을 대상으로 시행하였다. 수불사업을 하고 있는 구천정수장 급수지역과 비사업 지역에 위치한 초·중학교 중에서 거제시보건소의 자문으로 사회경제적으로 중간정도에 해당하는 지역의 초·중학교를 표본학교로 선정하여 조사하였다. 거제시 총인구 중 8세는 2,457명, 10세는 2,652명, 12세는 2,997명이었다¹⁶⁾. 2015년 본 연구 구강검사 대상 학생수는 수불사업 지역에서 8세 259명, 10세 240명, 12세 335명이었고, 비사업 지역에서 8세 218명, 10세 212명, 12세 273명이어서 전체 검사대상자수는 1,537명이었다(Table 1). 전체 검사대상자수는 거제시 8세, 10세, 12세 총 학생수의 20.0%에 해당하였고, 수불사업지역과 비사업지역 간에 연령별 남녀 비율 차이는 없었다(Table 2). 2015년 4월 중에 검사대상학교로 선정된 초·중학교 8세, 10세, 12세 학생들을 대상으로 영구치 우식경험도를 조사하였다. 본 연구는 부산대학교 치과병원 임상시험심사위원회(PNUDH-2015-013)의 심사와 승인을 받아 시행하였다.

2. 연구방법

2.1. 구강검사

치아우식 검사 기준 통일을 위한 조사자 기준통일훈련을 받고

2012년 국민구강건강실태조사에 참여하였던 치과 의사 1인이 세계보건기구에서 권장하는 구강검사법¹⁷⁾을 기준으로 영구치 우식 경험상태 및 열구전색 영구치 보유상태를 조사하였다. 구강검사는 기록요원이 동행하여 검사자가 구술하는 검사결과를 기록하였으며, 편성요원은 담임교사 협조 및 검사과정의 질서유지 등의 실무를 담당하였다.

2.2. 자료 분석 방법

구강검사 결과를 IBM SPSS Statistics 23.0을 이용하여 분석하였다. 열구전색영구치지수, 열구전색영구치면지수, 영구치우식경험자율, 우식경험영구치지수, 우식경험영구치면지수 등의 구강건강지표를 산출하였다. 수불사업군과 대조군의 집단별 차이의 유의성 여부는 카이제곱검정법, 독립 두집단간 t-검정법으로 검정하였다. 우식예방효과 산출에서 공분산분석(ANCOVA)을 이용하여 대조군과 사업군의 열구전색영구치지수 또는 열구전색영구치면지수의 차이로 인한 교란변수의 영향을 보정한 다음, 사업군과 대조군의 우식경험영구치지수, 우식경험영구치면지수의 차이로 영구치 우식예방효과를 산출하였다. 유의성 판정에서 제1종 오류에 대한 유의수준은 0.05로 판정하였다.

3. 연구성적

3.1. 지역별 열구전색영구치지수 및 열구전색영구치면지수

‘1인이 평균적으로 가지고 있는 열구전색을 한 영구치의 수’인

Table 1. Subject numbers of control and water fluoridation program in Geoje city

Age	Control*		Program	
	N [†]	%	N [†]	%
Total	703	100.0	834	100.0
8	218	31.0	259	31.1
10	212	30.2	240	28.8
12	273	38.8	335	40.2

*Subjects without water fluoridation program in Geoje City.

†Numbers of subjects.

Table 3. Numbers of fissure-sealed teeth and surfaces in 2015

Variables	Age (yr)	Control*			Program			P [§]
		N [†]	Mean	SE [‡]	N [†]	Mean	SE [‡]	
Fissure-sealed teeth	8	218	0.77	0.08	259	0.87	0.08	0.348
	10	212	0.89	0.09	240	0.83	0.08	0.616
	12	273	0.71	0.08	335	1.07	0.10	0.004
Fissure-sealed surfaces	8	218	0.92	0.10	259	1.11	0.11	0.207
	10	212	1.10	0.12	240	1.00	0.11	0.517
	12	273	0.83	0.10	335	1.24	0.11	0.006

*Subjects without water fluoridation program in Geoje City.

†Numbers of subjects.

‡Standard error.

§Independent samples t-test.

열구전색영구치지수는 수불사업 지역과 비사업 지역 간에 8세와 10세에서는 유의한 차이가 없었으나, 12세에서는 수불사업 지역(1.07개)에서 비사업 지역(0.71개)보다 많았다(P=0.004). ‘1인이 평균적으로 가지고 있는 열구전색을 한 영구치면의 수’인 열구전색영구치면지수는 수불사업 지역과 비사업 지역 간에 8세와 10세에서는 유의한 차이가 없었으나, 12세에서는 수불사업 지역(1.24면)에서 비사업 지역(0.83면)보다 많았다(P=0.006) (Table 3).

3.2. 지역별 영구치우식경험자율

‘영구치에 우식을 경험한 사람의 비율’인 영구치 우식경험자율은 8세와 12세에서는 수불사업 지역과 비사업 지역 간에 유의한 차이가 없었으나, 10세에서는 수불사업 지역(30.4%)에서 비사업 지역(40.1%)보다 유의하게 낮았다(Table 4).

3.3. 우식경험영구치지수 및 영구치 우식예방률

우식경험영구치지수는 검사를 받은 집단 1인이 평균적으로 가지고 있는 우식영구치수, 우식으로 상실된 영구치수 및 충전영구치수의 합계를 말한다. 우식경험영구치지수는 8세와 12세에서는 대조군과 사업군 간에 유의한 차이가 없었으나, 10세에서는 대조군보다 사업군에서 낮았다(Table 5).

대조군과 사업군 간의 열구전색치수 차이를 보정하여 추정한 우식경험영구치지수는 8세와 12세에서는 대조군과 사업군 간에

Table 2. Distribution of subjects by age and gender in 2015

Age	Gender	Control*		Program		P [†]
		N [†]	%	N [†]	%	
8	Male	118	54.1	121	46.7	0.118
	Female	100	45.9	138	53.3	
10	Male	112	52.8	138	57.5	0.344
	Female	100	47.2	102	42.5	
12	Male	156	57.1	171	51.0	0.142
	Female	117	42.9	164	49.0	

*Subjects without water fluoridation program in Geoje City.

†Numbers of subjects.

‡Chi-square test.

유의한 차이가 없었으나, 10세에서는 대조군보다 사업군에서 낮았다(Table 4). 대조군과 사업군 간에 열구전색치수 차이를 보정하여 추정된 우식경험영구치수 차이로서 추정된 수불사업의 우식 예방률은 10세에서 영구치 우식예방효과는 27.4%로 평가되었다(Table 5).

3.4. 우식경험영구치면지수 및 영구치면 우식예방률

우식경험영구치면지수는 검사를 받은 집단 1인이 평균적으로 가지고 있는 우식영구치면수, 우식으로 상실된 영구치면수 및 충전영구치면수의 합계를 말한다. 우식경험영구치면지수는 8세와

12세에서는 대조군과 사업군 간에 유의한 차이가 없었으나, 10세에서는 대조군보다 사업군에서 낮았다(Table 6).

대조군과 사업군 간의 열구전색치수 차이를 보정하여 추정된 우식경험영구치수 8세와 12세에서는 대조군과 사업군 간에 유의한 차이가 없었으나, 10세에서는 대조군보다 사업군에서 낮았다(Table 5). 대조군과 사업군 간에 열구전색치수 차이를 보정하여 추정된 우식경험영구치수 차이로서 추정된 수불사업의 우식 예방률은 10세에서 영구치 우식예방효과는 31.1%로 평가되었다(Table 6).

고 안

거제시는 2008년 11월부터 수불사업을 시행한 도시로 이번 연구에서 조사를 실시한 2015년 4월은 불소가 함유된 수돗물이 공급 된지 6년 6개월이 되는 시점이었다. 현재 거제시 수불사업은 구천정수장에서만 시행하고 있으므로 2015년 구천정수장에서 생산한 수돗물이 공급되는 지역의 8세, 10세, 12세 아동들을 사업군으로 선정하고, 그 외 지역에 거주하는 8세, 10세, 12세 아동들을 대조군으로 활용하였다.

수불사업 이외에도 치아우식 발생에 크게 영향을 미치는 열구

Table 4. Percentages of caries experience in 2015 by water fluoridation program

Age	Control*		Program		P [†]
	N [†]	%	N [†]	%	
8	218	21.1	259	22.8	0.739
10	212	40.1	240	30.4	0.038
12	273	54.9	335	49.3	0.166

*Subjects without water fluoridation program in Geoje City.

[†]Numbers of subjects.

[‡]Chi-square test.

Table 5. Mean numbers of decayed, missing and filled teeth and caries prevention fraction in permanent dentition

Age	Control*			Program			P	Control*		Program		P ^{**}	Prevention fraction (%) ^{***}
	N [†]	Mean [‡]	SE [§]	N [†]	Mean [‡]	SE [§]		Mean [¶] (A)	SE [§]	Mean [¶] (B)	SE [§]		
8	218	0.40	0.06	259	0.43	0.06	0.722	0.39	0.06	0.43	0.06	0.625	-
10	212	0.94	0.09	240	0.70	0.08	0.048	0.95	0.09	0.69	0.08	0.032	27.4
12	273	1.62	0.12	335	1.49	0.12	0.458	1.57	0.12	1.53	0.11	0.809	2.5

*Subjects without water fluoridation program in Geoje City.

[†]Numbers of subjects.

[‡]Unadjusted mean for the number of fissure-sealed teeth in permanent dentition.

[§]Standard error.

^{||}Independent samples t-test.

[¶]Estimated marginal means by univariate analysis of variance adjusted for the number of fissure-sealed teeth.

**ANCOVA (analysis of covariance).

***[(A-B)/A] × 100, Bold numbers denote prevention fractions from significant differences between both groups.

Table 6. Mean numbers of decayed, missing and filled surfaces and caries prevention fraction in permanent dentition

Age	Control*			Program			P	Control*		Program		P ^{**}	Prevention fraction (%) ^{***}
	N [†]	Mean [‡]	SE [§]	N [†]	Mean [‡]	SE [§]		Mean [¶] (A)	SE [§]	Mean [¶] (B)	SE [§]		
8	218	0.60	0.11	259	0.60	0.09	0.988	0.59 ^a	0.10	0.61 ^a	0.09	0.871	-
10	212	1.31	0.14	240	0.92	0.11	0.030	1.32 ^b	0.13	0.91 ^b	0.12	0.019	31.1
12	273	2.14	0.17	335	1.98	0.17	0.494	2.08 ^c	0.18	2.03 ^c	0.16	0.825	2.4

*Subjects without water fluoridation program in Geoje City.

[†]Numbers of subjects.

[‡]Unadjusted mean for the number of fissure-sealed surfaces in permanent dentition.

[§]Standard error.

^{||}Independent samples t-test.

[¶]Estimated marginal means by univariate analysis of variance adjusted for the number of fissure-sealed surfaces.

**ANCOVA (analysis of covariance).

***[(A-B)/A] × 100, Bold numbers denote prevention fractions from significant differences between both groups.

전색치수 또는 열구전색치면수가 수불사업 지역과 비사업 지역에서 차이가 있으므로, 두 지역 간에 열구전색치수 또는 열구전색치면수의 차이를 보정한 다음, 대조군과 사업군 간의 우식경험도 차이로서 수불사업으로 얻어진 우식예방효과를 추정하는 것이 보다 정밀한 연구방법으로 생각되었다.

2015년 수불사업지역과 비사업 지역에서 열구전색치수의 차이를 보정한 우식경험영구치면지수(DMFT)를 차이로 영구치 우식예방 효과를 산출한 결과, 10세 아동에서 27.4%이었고, 열구전색치면수의 차이를 보정한 우식경험영구치면지수(DMFS) 차이로 영구치 우식예방 효과를 산출한 결과, 10세 아동에서 31.4%이었다.

치아가 맹출하기 전에 불소가 충분히 든 음용수를 섭취하면 영구치 형성에 불화인회석 성분이 많은 치아가 만들어지므로 수불사업의 우식예방 효과가 가장 크고, 치아가 맹출한 이후에는 적은 농도(0.8 ppm)이나마 지속적으로 발라져서 도포효과로 충치 예방을 기대할 수 있으며, 맹출 전 불소음용효과는 소와열구 우식 예방에 효과적이라고 보고되었다¹⁸⁾. Nolla¹⁹⁾는 영구치 중 가장 우식에 취약한 제1대구치의 치관은 하악의 경우, 남아에서 4세, 여아에서 3세 10개월, 상악의 경우, 남아에서 4.5세, 여아에서 4세 2개월에 완성된다고 보고하였다. 소와열구우식증이 빈발하는 제1대구치 우식을 예방하는 데에는 치관이 형성되는 기간부터 계속적으로 적정량의 불소가 함유된 물을 음용하는 것이 가장 효과적이라고 보고되고 있다²⁰⁾.

2015년 4월 검진 당시 거제시 수불지역 8세 아동은 2세 무렵부터, 10세 아동은 4세 무렵부터, 12세 아동은 6세 무렵부터 수불사업의 혜택을 보기 시작하였다. 2015년 8세와 10세 아동은 우식이 잘 생기는 제1대구치가 맹출하지 않은 시기부터 수불사업의 혜택을 보기 시작하였고, 12세 아동은 제1대구치가 맹출한 상태부터 수불사업의 영향을 받기 시작하였다. 이론적으로 2015년 4월 검진 당시 거제시 수불지역 8세와 10세 아동에서 수불사업의 우식예방효과를 상당수 기대할 수 있다. 하지만, 2015년 거제시 수불사업 지역과 비사업 지역 간에 8세 아동들의 우식경험영구치면지수와 우식경험영구치면지수에서 유의한 차이가 없는 것은 우식경험도가 1개 또는 1치면도 못할 정도로 소수이기도 하고, 거제시 내에서 수불사업 지역과 비사업 지역 간에 인구 이동과 더불어, 거제시 이외의 지역에서 거제시로 유입된 아동들을 통제하지 못한 연구의 한계가 작용한 결과로 검토되었다.

아일랜드 더블린에서는 12세 우식경험영구치면지수가 수불사업 전 1961년 5.2개에서 1964년 수불사업 시작 이후로 1984년 2.2개, 1997년 1.1개로 대폭 감소하는 결과를 보여주었다²¹⁾. 거제시 수불사업의 우식예방효과가 다른 지역의 사례보다는 적게 산출된 것은 이미 불소함유세치제가 급속히 보급되어 있고, 치면열구전색도 많이 보급되어 대조군도 우식경험영구치면지수가 상당히 낮아진 데에 연유한다고 추론되었다. 하지만, 불소함유세치제와 치면열구전색 등의 강력한 예방수단이 많이 보급되고 있음에도 불구하고 10세에서 대조군보다 유의하게 여전히 우식경험영구치면지수가 낮은 것은 계속적으로 우식예방에서 수불사업의 가치를 증명하고 있다고 평가되었다.

불소가 부족한 수돗물에 불소를 인위적으로 첨가하는 데 앞서 온 미국에서 치아우식 감소는 수불사업이 전국적으로 확대된 데에 힘입은 바가 가장 컸다²²⁾. 1980년에 5-17세 사이의 약 38,000명의 어린이를 대상으로 한 검사 결과를 1971-1973년 동안 조사한 데이터와 비교했을 때 우식경험영구치면지수(DMFS index)가 약 32% 감소하였으며, 이러한 감소는 모든 연령, 그리고 미국 모든 지역에서 발생하였다. 비록 이러한 감소의 원인을 명확하게 확인하지는 못했지만 대부분의 조사자들은 다양한 형태의 광범위한 불소 이용이 가장 중요한 역할을 했다고 결론을 내렸다²²⁾. 미국 질병예방관리센터(Center for Disease Control and Prevention)에 보고된 2014년 수불사업 수혜인구는 284,099,832명으로 미국 전체 인구의 74.4%에 이르며 특히 켄터키(Kentucky)주는 99.9%, 미네소타(Minnesota)주는 98.8%에 이르고 있다²³⁾.

우리나라에서도 Kim 등²⁴⁾은 수불사업 지역인 청주시와 비사업지역인 성남시 아동을 6세부터 11세까지 추고 조사하여 증가된 우식경험치면지수를 비교한 결과, 영구치 우식예방률을 35.4%로 추정하였다. Lee 등²⁵⁾은 2011년 수불사업을 하고 있는 5개지역을 사업군으로 하고, 각 수불사업 지역별로 인근에 있는 5개읍 대조군으로 하여 6세 8세 11세 아동 우식경험영구치면지수의 차이로 영구치 우식예방률을 산출한 결과, 세 연령군 전체적으로 40.66%로 보고한 바가 있다.

수불사업은 적은 비용으로 다수에게 우식예방을 가져오는 큰 장점이 있다. Ran 등²⁶⁾은 2014년에 수불사업의 경제적 비용효과를 분석하였는데, 수불사업의 효율성에 대한 최근 모든 증거들은 수불사업의 비용보다 경제적 이득이 더 크다는 것을 지적하였으며, 지역사회의 인구가 많을수록 편익비용비(benefit-cost ratio)가 크다고 보고하였다. Neidell 등²⁷⁾은 수불사업이 성인의 치아상실에 미치는 영향이 크며 사회경제적으로 낮은 계층에서 효과가 더 크다는 것을 보고하였다. Crocombe는 호주 Queensland에서 수불사업이 불소의 우식예방효과를 광범위하게 발휘할 수 있는 가장 효과적이고 사회적으로 평등한 수단으로서 구강건강에 현저한 사회경제적 불평등이 존재할 때 상대적으로 짧은 기간 동안 어린이의 구강건강을 증진할 수 있기 때문에 사회적으로 중요한 의미를 가진다고 지적하였다²⁸⁾. Kim 등²⁹⁾은 진주시에서 2009년까지 11년간 수불사업으로 거둔 우식예방으로 말미암은 충전치료비 절약액이 사업 비용의 41.4배에 이른다고 보고한 바가 있다.

2000년 이후로 우리나라 12세 아동들에서 우식경험영구치면지수가 감소하는 추세이었던, 2015년 보건복지부 아동구강실태조사에서는 12세 우식경험영구치면지수가 3년 전인 2012년에는 1.84개이었던 것이 2015년에는 1.90개로 정체 내지 증가하는 양상을 보이고 있어서 정부의 우식예방정책을 재검토해 보아야 할 필요성을 강력히 시사하고 있다. 수불사업은 남녀노소 모든 연령층에서 만연하고 있는 치아우식을 예방하기 위한 사업으로 국민건강증진법과 구강보건법에도 규정되어 있다. 이러한 법적 뒷받침을 잘 활용하여 수불사업의 우식예방효과와 안전성에 대하여 지역주민과 지역 치과의사들에 대한 교육을 강화하고 이해도를 높일 필요가 있다고 생각되었다. 이러한 점에서, 본 연구가 수불사업의 성과에

대한 근거로 제시될 수 있을 것이며, 앞으로도 사업기간이 늘어남에 따라 추가적 연구가 지속적으로 필요할 것으로 검토되었다.

본 연구에서 장기간의 시간경과에 따라 사회경제적 수준, 식이 등의 요인들의 변화가 우식발생에 영향을 미칠 수 있지만, 수불사업 지역과 대조군의 아동들에서 개인 정보보호 등의 이유로 사회경제적 수준에 대한 조사가 가능하지 않았다. 따라서, 수불사업 이전 아동들의 치아건강 상태와 2015년 구강검사 당시의 수불사업과 비사업 지역 아동들의 치아건강상태를 비교하여 우식예방효과를 측정하는 한계가 있었다. 그리고, 거제시 내에서 수불사업 지역과 비사업 지역 간 및 거제시 이외의 지역에서 거제시 내로 인구 유입에 관한 조사가 대상자들의 협조 어려움으로 가능하지 못하였다. 연구 여건이 허락한다면, 조사대상 아동들 가정의 소득수준, 학부모들의 구강보건인식과 학력수준 등과 같은 우식발생관련 사회경제적 요인과 가정에서 수돗물 식음 상태 등을 모두 조사하여 보정하면 더 정밀하게 수불사업의 성과를 평가할 수 있을 것으로 검토되었다. 하지만 이런 연구 한계에도 불구하고 이번 보고가 거제시 수불사업으로 얻어진 영구치 우식예방효과를 확인하고 사업 수행의 타당성을 뒷받침하는 데에 일조할 수 있을 것으로 생각되었다.

결론

본 연구는 거제시에서 2008년부터 6년간 실시하고 있는 수돗물불소농도조정사업의 치아우식예방효과를 평가하고자 수행되었다. 2015년 거제시의 8세, 10세, 12세 학생 중 수불사업 지역에 거주하는 834명을 사업군으로, 비사업 지역에 거주하는 703학생을 대조군으로 선정하고, 구강검사를 시행하였다. 영구치우식경험자율, 영구치우식유병자율, 우식경험영구치지수, 우식경험영구치면지수 등을 분석하고, 수불사업 지역과 비사업 지역의 열구전색영구치지수 또는 열구전색영구치면지수의 차이를 보정한 다음, 수불사업 지역과 비사업 지역의 우식경험영구치지수, 우식경험영구치면지수를 비교함으로써 영구치 우식예방효과를 산출하였다.

1. 영구치 우식경험자율은 10세에서 수불사업 지역(30.4%)에서 비사업 지역(40.1%)보다 낮았다.

2. 수불사업 지역과 비사업 지역의 우식경험영구치지수를 비교한 결과, 우식예방효과는 27.4%로 추정되었다.

3. 수불사업 지역과 비사업 지역의 우식경험영구치면지수를 비교한 결과, 우식예방효과는 31.1%로 추정되었다.

거제시의 수불사업은 우식예방효과가 우수하므로 계속적으로 시행하는 것이 바람직하다고 평가되었다.

References

1. Ministry of Health and Welfare. 2012 National Oral Health Survey. 2013;71, 299.
2. Ministry of Health and Welfare. 2015 Korean Children's Oral Health Survey. 2015;129, 174.
3. Kim JB, Choi EG, Moon HS, Kim JB, Kim DK, Lee HS, et al. Public health dentistry. 5th ed. Seoul:Koomoon;2009:91-105, 165-218.
4. Griffin SO, Regnier E, Griffin PM, Huntley V. Effectiveness of fluoride in preventing caries in adults. J Dent Res 2007;86:410-415.
5. Murray JJ, Rugg-Gunn AJ, Jenkins GN. Fluorides in caries prevention. 3rd ed. Oxford:Butterworth-Heinemann Ltd;1991:7-37.
6. The British Fluoridation Society. One in a Million: The facts about water fluoridation. 2012;136. [cited 2016 Aug 16], Available from: <http://www.bfsweb.org/one-in-a-million>.
7. FDI World Dental Federation. FDI Policy Statement. Promoting Oral Health through Water Fluoridation. FDI General Assembly, September 2014, New Delhi, India. [cited 2016 Aug 16], Available from: <http://www.fdiworldental.org/publications/policy-statements/policy-statements-and-resolutions.aspx>
8. World Health Organization. Expert Committee on Water Fluoridation First Report. Geneva:World Health Organization Technical Report Series 1958;146:21.
9. World Health Organization. Strategies and approaches in oral disease prevention and health promotion. [Internet]. [cited 2016. July 02]. Available from: http://www.who.int/oral_health/strategies/cont/en.
10. Petersen PE. World Health Organization global policy for improvement of oral health-World Health Assembly 2007. Int Dent J 2008;58:115-121.
11. Ministry of Health and Welfare. 2004 Guideline for oral health programs. The current status of water fluoridation program. Seoul:Ministry of Health and Welfare;2003:70-72.
12. Ministry of Health and Welfare. 2016 Guideline for comprehensive health promotion programs. The current status of water fluoridation program (December 2015). Seoul: Ministry of Health and Welfare;79.
13. Geoje-si Office of Ecology. Information for water quality. [cited 2015 March 8]. Available from: <http://ec.geoje.go.kr/index.geoje>.
14. Geoje-si. Statistics of Geoje-si. [Internet]. [cited 2015 March 8]. Available from: <http://stat.geoje.go.kr/index.geoje>.
15. Kim HN, Han DH, Jun EJ, Kim SY, Jeong SH, Kim JB. The decline in dental caries among Korean children aged 8 and 12 years from 2000 to 2012 focusing SiC Index and DMFT. BMC Oral Health. 2016;16:38.
16. Gyeongsangnamdo Office of Education. 2014 Annual educational statistics. Tables of school status [Internet]. [cited 2015 March 8]. Available from: <http://stats.gne.go.kr>.
17. World Health Organization. Oral Health Surveys. 5th ed. Geneva:World Health Organization;2000:50-58.
18. Groeneveld A, Van Eck AA, Backer Dirks O. Fluoride in caries prevention: is the effect pre- or post-eruptive? J Dent Res 1990;69(Spec):751-755.
19. Nolla CM. The development of the permanent teeth. J Dent Child 1960;27:254-266.
20. Singh KA, Spencer AJ, Brennan DS. Effects of water fluoride exposure at crown completion and maturation on caries of permanent first molars. Caries Res 2007;41:34-42.
21. Clarkson J, McLoughlin J, O'Hickey S. Water fluoridation in Ireland: a success story. J Dent Res 2003;82:334-337.
22. Brunelle JA, Carlos JP. Recent trends in dental caries in US children and effect of water fluoridation. J Dent Des 1990;69(Spec Iss):723-727.
23. Center for Disease Control and Prevention. Fluoridation Statistics [Internet]. [cited 2016 July 21] Available from: <http://www.cdc.gov/fluoridation/statistics/2014stats.htm>
24. Kim JB, Paik DI, Moon HS, Song Yeon H, Park DY, Jung SH. Effect of water fluoridation on dental caries prevention in 11-year-old Korean children. Korean Acad Oral Health 997;21:583-592.

25. Lee HS, Chang KW, Kim JB, Kim DK, Kim KS, Park DY. The effectiveness of community water fluoridation. Seoul:Korea Health Promotion Foundation;2011:100-104.
26. Ran T, Chattopadhyay SK, Community preventive services task force. economic evaluation of community water fluoridation: a community guide systematic review. *Am J Prev Med* 2016;50:790-796.
27. Neidell M, Herzog K, Glied S. The association between community water fluoridation and adult tooth loss. *Am J Public Health* 2010;100:1980-1985.
28. Crocombe L. Three years of water fluoridation may lead to a decrease in dental caries prevalence and dental caries experience in a community with high caries rates. *J Evid Based Dent Pract* 2015;15:124-125.
29. Kim MK, Jung JI, Kim MJ, Jun EJ, Kim HN, Kim SY, et al. Cost-benefit analysis of a water fluoridation program for 11 years in Jinju, Korea. *J Korean Acad Oral Health* 2014;38:118-128.